

MAK 212 - TERMODİNAMİK
CRN: 21688, 21689, 21690, 21691, 21692
 2010-2011 BAHAR YARIYILI

ÖDEV 7-ÇÖZÜMLER

1) (a) Demir bloğu ve suyu sistem olarak alırız. Daha sonra bu sistem için enerjinin korunumu denklemi aşağıdaki hali alır.

$$\dot{Q}^{\text{net}} - \dot{W}_b^{\text{net}} - \dot{W}_{pw} = \Delta U + \Delta KE^{\text{net}} + \Delta PE^{\text{net}} \longrightarrow -\dot{W}_{pw} = \Delta U_{\text{demir}} + \Delta U_{\text{su}}$$

yada,

$$-\dot{W}_{pw} = [mC(T_2 - T_1)]_{\text{demir}} + [mC(T_2 - T_1)]_{\text{su}}$$

$$m_{\text{su}} = \rho V = (1000 \text{ kg/m}^3)(0.1 \text{ m}^3) = 100 \text{ kg}$$

$$m_{pw} = \dot{W}_{pw} \Delta t = (0.2 \text{ kJ/s})(20 \times 60 \text{ s}) = 240 \text{ kJ}$$

demir ve sıvı su için özgül ısı değerlerini kullanarak (Tablo A-3a,)

$$-(-240 \text{ kJ}) = m_{\text{demir}} (0.45 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})(24 - 85)^\circ\text{C} + (100 \text{ kg})(4.184 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})(24 - 20)^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{demir}} = \mathbf{52.2 \text{ kg}}$$

(b) bu hal değişimi için tersinmezlik,

$$I = T_0 S_{\text{gen}} = T_0 (\Delta S_{\text{demir}} + \Delta S_{\text{su}} + \Delta S_{\text{çevre}})$$

$$\Delta S_{\text{demir}} = mC_{\text{ort}} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = (52.2 \text{ kg})(0.45 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) \ln\left(\frac{297 \text{ K}}{358 \text{ K}}\right) = -4.388 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta S_{\text{su}} = mC_{\text{ort}} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = (100 \text{ kg})(4.184 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) \ln\left(\frac{297 \text{ K}}{293 \text{ K}}\right) = 5.673 \text{ kJ/K}$$

Böylece,

$$I = (298 \text{ K})(-4.388 + 5.673) \text{ kJ / K} = \mathbf{376.5 \text{ kJ}}$$

2) (a) Buhar tablolarından,

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 6 \text{ MPa} \\ T_1 = 600^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = 3658.4 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = 7.1677 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 50 \text{ kPa} \\ T_2 = 100^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_2 = 2682.5 \text{ kJ/kg} \\ s_2 = 7.6947 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{array}$$

Buharın kütle debisi düzgün akışlı sistem için olan enerji denklemi, bu sistem için yazılarak belirlenir.

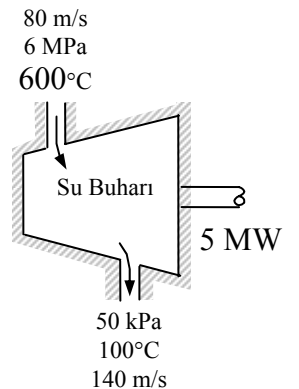
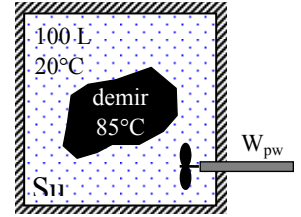
$$\dot{Q}^{\text{net}} - \dot{W} = \dot{m}(\Delta h + \Delta ke + \Delta pe^{\text{net}}) \longrightarrow -\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1 + \Delta ke)$$

$$\Delta ke = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} = \frac{(140 \text{ m/s})^2 - (80 \text{ m/s})^2}{2} \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = 6.6 \text{ kJ/kg}$$

$$-5000 \text{ kJ / s} = \dot{m}(2682.5 - 3658.4 + 6.6) \text{ kJ / kg}$$

$$\dot{m} = \mathbf{5.16 \text{ kg / s}}$$

Ardından tersinir iş



$$\begin{aligned}\dot{W}_{rev} &= \dot{m}(h_1 - h_2 - \Delta ke - \Delta pe^{T^0} + T_0(s_2 - s_1)) \\ &= (5.158 \text{ kg/s})[3658.4 - 2682.5 + (298 \text{ K})(7.6947 - 7.1677) \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}] \\ &= \mathbf{5.81 \text{ MW}}\end{aligned}$$

(b) İkinci yasa verimi,

$$\eta_{II} = \frac{\dot{W}}{\dot{W}_{rev}} = \frac{5 \text{ MW}}{5.81 \text{ MW}} = \mathbf{86.1\%}$$

3) (a) Belirtilen şartlarda hava ideal gaz kabul edilebilir. $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$. Soğutucunun giriş ve çıkış özellikleri,

$$\begin{aligned}P_1 = 120 \text{ kPa} \quad & \left. \begin{aligned}h_1 &= h_f + x_1 h_{fg} = 21.32 + 0.3 \times 212.54 = 85.08 \text{ kJ/kg} \\ s_1 &= s_f + x_1 s_{fg} = 0.0879 + 0.3(0.9354 - 0.0879) = 0.3685 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}\end{aligned} \right\} \\ x_1 = 0.3 \quad & \\ T_2 = 120 \text{ kPa} \quad & \left. \begin{aligned}h_2 &= h_{g@120 \text{ kPa}} = 233.86 \text{ kJ/kg} \\ s_2 &= h_{g@120 \text{ kPa}} = 0.9354 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}\end{aligned} \right\} \text{ doymuş buhar}\end{aligned}$$

Havanın kütle debisi,

$$\dot{m} = \frac{P_1 \dot{V}_1}{RT_1} = \frac{(100 \text{ kPa})(6 \text{ m}^3 / \text{dak})}{(0.287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(300 \text{ K})} = 6.97 \text{ kg/dak}$$

bütün ısı değiştiricisini sistem olarak kabul ederiz. Potansiyel ve kinetik enerjiyi ihmal ederek, düzgün akışlı sistem için kütle ve enerjinin korunumu şu şekilde ifade edilir.

$$\dot{Q} = \dot{m}_R(h_2 - h_1) + \dot{m}_{hava} C_p (T_4 - T_3)$$

$$T_4 \text{ için çözersek,} \quad T_4 = T_3 + \frac{\dot{Q} - \dot{m}_R(h_2 - h_1)}{\dot{m}_{hava} C_p}$$

Değerleri yerine yazarsak,

$$T_4 = 27^\circ\text{C} + \frac{(30 \text{ kJ/dak}) - (2 \text{ kg/dak})(233.86 - 85.08) \text{ kJ/kg}}{(6.97 \text{ kg/dak})(1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K})} = \mathbf{-11.2^\circ\text{C}}$$

Bu sistem için tersinmezlik,

$$\begin{aligned}\dot{I} &= T_0 \dot{S}_{gen} = T_0 \left(\sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_i s_i + \frac{\dot{Q}_{çevre}}{T_{çevre}} \right) = T_0 \left(\dot{m}_R(s_2 - s_1) + \dot{m}_{hava}(s_4 - s_3) + \frac{\dot{Q}_{çevre}}{T_{çevre}} \right) \\ s_4 - s_3 &= C_p \ln \frac{T_4}{T_3} - R \ln \frac{P_4^{T^0}}{P_3} = (1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) \ln \frac{261.8 \text{ K}}{300 \text{ K}} = -0.137 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}\end{aligned}$$

Böylece,

$$\dot{I} = (305 \text{ K}) \left(\frac{2}{60} \times (0.9354 - 0.3685) + \frac{6.97}{60} \times (-0.137) + \frac{-30/60}{305} \right) \text{ kW/K} = \mathbf{0.41 \text{ kW}}$$

(b) Çevreden ısı transferi olmadığında, düzgün akışlı sistem için enerji eşitliği bu sistem için şu hali alır.

$$\text{Kütle:} \quad \sum \dot{m}_e = \sum \dot{m}_i \quad \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_R \quad \text{ve} \quad \dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{hava}$$

$$\text{Enerji:} \quad \dot{Q}^{T^0} - \dot{W}^{T^0} = \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i \quad \longrightarrow \quad \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i = 0$$

$$\text{Birleştirirsek,} \quad \dot{m}_R(h_2 - h_1) = \dot{m}_{hava}(h_3 - h_4) = \dot{m}_{hava} C_p (T_3 - T_4)$$

$$T_4 \text{ için çözersek,} \quad T_4 = T_3 - \frac{\dot{m}_R(h_2 - h_1)}{\dot{m}_{hava} C_p}$$

Değerleri yerine yazarsak,

$$T_4 = 27^\circ\text{C} + \frac{(2 \text{ kg/dak})(233.86 - 85.08) \text{ kJ/kg}}{(6.97 \text{ kg/dak})(1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K})} = -15.5^\circ\text{C} = 257.5 \text{ K}$$

Bu sistem için tersinmezlik,

$$\dot{I} = T_0 \dot{S}_{gen} = T_0 \left(\sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_i s_i + \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}} \right) = T_0 (\dot{m}_R (s_2 - s_1) + \dot{m}_{hava} (s_4 - s_3))$$

$$s_4 - s_3 = C_p \ln \frac{T_4}{T_3} - R \ln \frac{P_4}{P_3} = C_p \ln \frac{T_4}{T_3} = (1.005 \text{ kJ / kg} \cdot \text{K}) \ln \frac{257.5 \text{ K}}{300 \text{ K}} - 0.154 \text{ kJ / kg} \cdot \text{K}$$

Böylece,

$$\dot{I} = (305 \text{ K})(2 \times (0.9354 - 0.3685) + 6.97 \times (-0.154))(1/60) \text{ kW/K} = \mathbf{0.31 \text{ kW}}$$

4) (a) Bu zamanla değişen bir akıştır. Helyunu ideal gaz kabul edersek, silindirde başlangıçtaki ve son durumdaki kütleler

$$m_1 = \frac{P_1 V}{RT_1} = \frac{(300 \text{ kPa})(0.1 \text{ m}^3)}{(2.0769 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(293 \text{ K})} = 0.0493 \text{ kg}$$

$$m_e = m_2 = m_1 / 2 = 0.0493 / 2 = 0.02465 \text{ kg}$$

başlangıçta helyumun kullanılabilirliği, kapalı sistemler için kullanılabilirlik bağıntısından bulunur.

$$\Phi_1 = m_1 \phi = m_1 [(u_1 - u_0) - T_0 (s_1 - s_0) + P_0 (v_1 - v_0)]$$

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{(2.0769 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(293 \text{ K})}{300 \text{ kPa}} = 2.0284 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$v_0 = \frac{RT_0}{P_0} = \frac{(2.0769 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K})(298 \text{ K})}{100 \text{ kPa}} = 6.1892 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

ve

$$\begin{aligned} s_1 - s_0 &= C_p \ln \frac{T_1}{T_0} - R \ln \frac{P_1}{P_0} \\ &= (5.1926 \text{ kJ / kg} \cdot \text{K}) \ln \frac{293 \text{ K}}{298 \text{ K}} - (2.0769 \text{ kJ / kg} \cdot \text{K}) \ln \frac{300 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} \\ &= -2.370 \text{ kJ / kg} \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Böylece,

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= (0.0493 \text{ kg}) \left[(3.1156 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K})(20 - 25)^\circ\text{C} - (298 \text{ K})(-2.370 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}) \right. \\ &\quad \left. + (100 \text{ kPa})(2.0284 - 6.1892) \text{ m}^3 / \text{kg} [\text{kJ/kPa} \cdot \text{m}^3] \right] \\ &= \mathbf{13.5 \text{ kJ}} \end{aligned}$$

işlem sırasında ısı transferi enerjini korunumu bağıntısından bulunur.

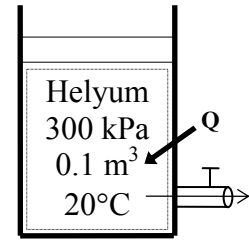
$$Q - W_b = \sum m_e h_e - \sum m_i \bar{h}_i + (m_2 u_2 - m_1 u_1)$$

yada,

$$\begin{aligned} Q &= (m_1 - m_2) h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1 + W_b \\ &= (m_1 - m_2) h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1 \\ &= (m_1 - m_2 + m_2 - m_1) h_1 \\ &= 0 \end{aligned}$$

$W_b + U_2 - U_1 = H_2 - H_1$ (sabit basınçta genişleme ve sıkıştırma için), ve aynı zamanda bu işlem için $h_e = h_2 = h_1$.

İşlem sırasında tersinmezlik aşağıdaki gibi bulunur.



$$\begin{aligned}
I &= T_0 S_{gen} \\
&= T_0 \left(\sum m_e s_e - \sum m_i s_i^{\nearrow 0} + (m_2 s_2 - m_1 s_1) + \frac{Q_{\text{çevre}}^{\nearrow 0}}{T_{\text{çevre}}} \right) \\
&= T_0 (m_e s_e + (m_2 s_2 - m_1 s_1)) = T_0 ((m_1 - m_2) s_e + (m_2 s_2 - m_1 s_1)) \\
&= T_0 ((m_1 - m_2 + m_2 - m_1) s_1) \\
&= 0
\end{aligned}$$

Başlangıç, son ve çıkış durumları aynı olduğu için, $s_e = s_2 = s_1$. bu yüzden işlem tersinirdir.

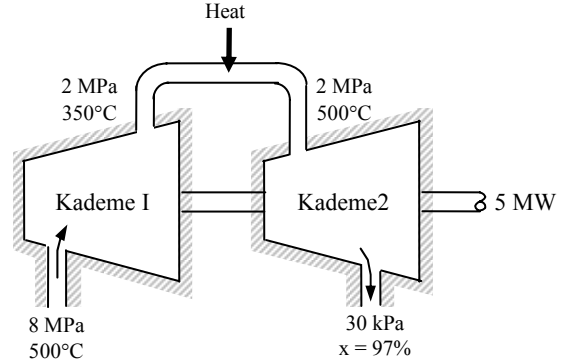
5) Buhar tablolarından,

$$\begin{aligned}
P_1 &= 8 \text{ MPa} \left\{ \begin{aligned} h_1 &= 3398.3 \text{ kJ/kg} \\ T_1 &= 500^\circ\text{C} \end{aligned} \right\} s_1 = 6.7240 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_2 &= 2 \text{ MPa} \left\{ \begin{aligned} h_2 &= 3137.0 \text{ kJ/kg} \\ T_2 &= 350^\circ\text{C} \end{aligned} \right\} s_2 = 6.9563 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_3 &= 2 \text{ MPa} \left\{ \begin{aligned} h_3 &= 3467.6 \text{ kJ/kg} \\ T_1 &= 500^\circ\text{C} \end{aligned} \right\} s_3 = 7.4317 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_4 &= 100 \text{ kPa} \left\{ \begin{aligned} h_4 &= h_f + x_4 h_{fg} = 289.23 + 0.94 \times 2336.1 = 2555.25 \text{ kJ/kg} \\ x_4 &= 0.94 \end{aligned} \right\} s_4 = s_f + x_4 s_{fg} = 0.9439 + 0.94 \times 6.8247 = 7.5639 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}
\end{aligned}$$



Kütle debisi düzgün akışlı enerji eşitliğinin sisteme uygulanması ile elde edilir.

$$\begin{aligned}
\dot{Q}^{\nearrow 0} - \dot{W} &= \sum \dot{m}(\Delta h + \Delta ke^{\nearrow 0} + \Delta pe^{\nearrow 0}) \longrightarrow -\dot{W} = \dot{m}[(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3)] \\
\dot{m} &= \frac{-\dot{W}}{h_2 - h_1 + h_4 - h_3} = \frac{-5000 \text{ kJ/s}}{(3137.0 - 3398.3 + 2555.25 - 3467.6) \text{ kJ/kg}} = 4.26 \text{ kg/s}
\end{aligned}$$

Ardından tersinir iş,

$$\begin{aligned}
\dot{W}_{rev} &= \sum \dot{m} \left[-\Delta h - \Delta ke^{\nearrow 0} - \Delta pe^{\nearrow 0} T_0 \Delta s \right] \\
&= \dot{m} [h_1 - h_2 + h_3 - h_4 + T_0 (s_2 - s_1 + s_4 - s_3)] \\
&= (4.26 \text{ kg/s}) \left[(3398.3 - 3137.0 + 3467.6 - 2555.25) \text{ kJ/kg} \right. \\
&\quad \left. + (298 \text{ K})(6.9563 - 6.7249 + 7.5639 - 7.4317) \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \right] \\
&= 5463 \text{ kW}
\end{aligned}$$

Tersinmezlik,

$$\dot{I} = \dot{W}_{rev} - \dot{W} = 5463 - 5000 = 463 \text{ kW}$$